

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

105#8

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 04144294 A

(43) Date of publication of application: 18.05.92

(51) Int. Cl

H01S 3/18

(21) Application number: 02267621

(71) Applicant: SEIKO EPSON CORP

(22) Date of filing: 05.10.90

(72) Inventor: WATANABE KAZUAKI

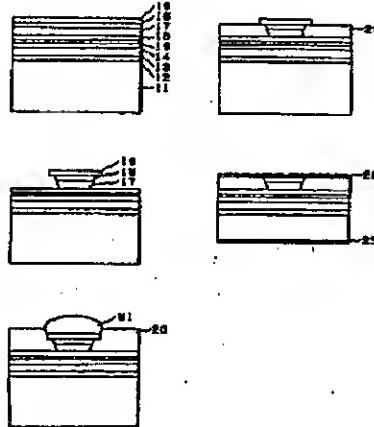
(54) SEMICONDUCTOR LASER

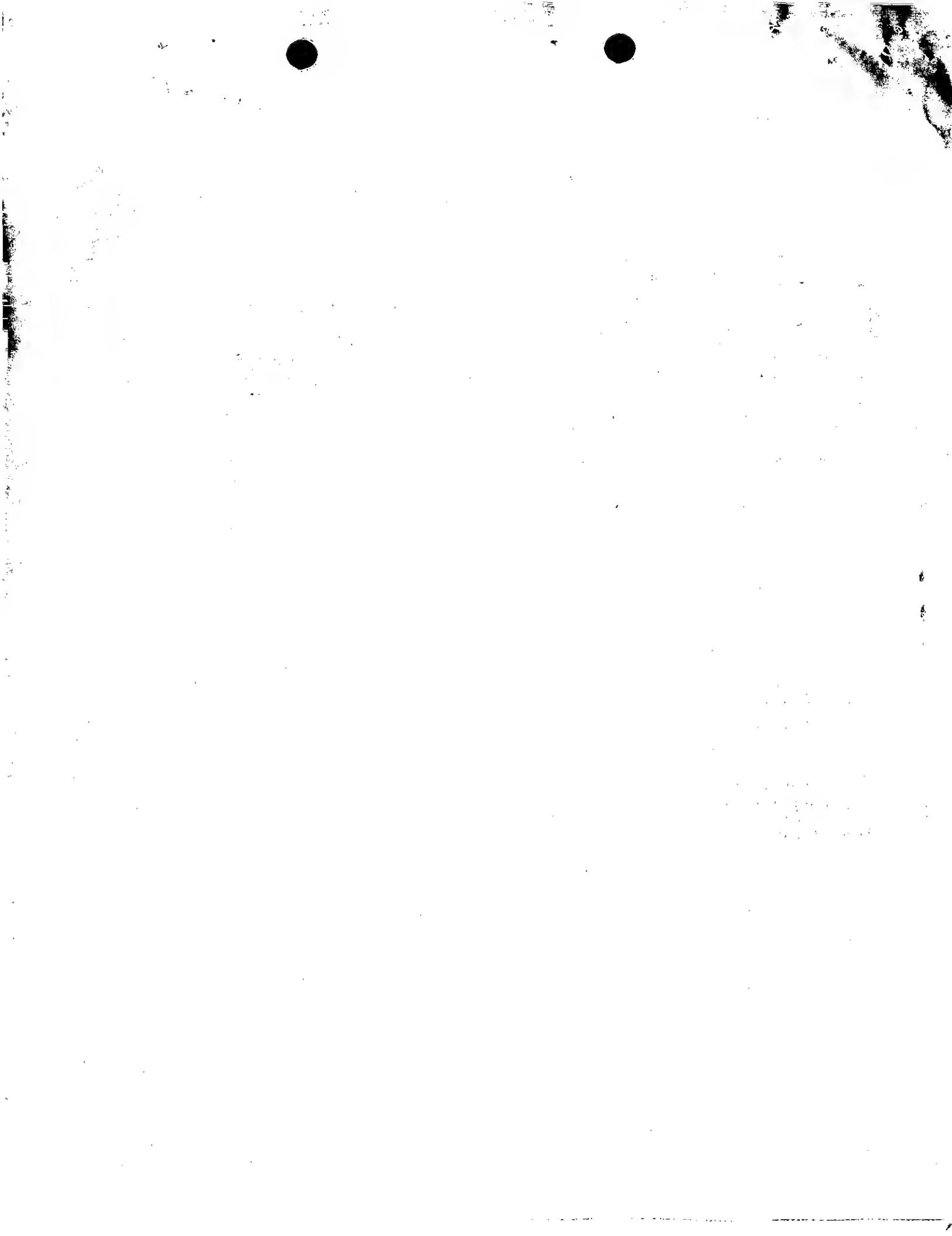
(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a semiconductor laser of a high output with a good reproducibility, by forming the optical waveguide of the semiconductor laser, with a first clad layer, a first optical waveguide layer, a quantum well activated layer, a second optical waveguide layer, and a second clad layer, which are laminated on a semiconductor substrate, and by making at least one of the material and film thickness of the first optical waveguide layer different from optical waveguide layer.

CONSTITUTION: An n-GaAs buffer layer 12, an n-AlGaAs underside clad layer 13, an n-type-AlGaAs underside optical waveguide layer 14, a non-doped GaAs activated layer 15, a p-AlGaAs topside clad layer 17, and a p-GaAs contact layer 18 are subjected to epitaxial growths in succession, on an n-type GaAs substrate 11. Then, on the contact layer, an insulation film 19 such as silicon dioxide is deposited, and the epitaxial growth of ZnSe is performed. At this time, on the side face of a rib and the part lacking the rib, ZnSe 20 of a single crystal is made to grow, and on the rib, ZnSe 21 of a polycrystal is made to grow, because the mask made of an insulator exists on the rib. Finally, when on a p-side and n-side respective electrodes are deposited, an unsymmetrical separated confinement single quantum well laser is completed.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio





⑪ 公開特許公報 (A)

平4-144294

⑤Int.Cl.⁵

H 01 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

9170-4M

⑬公開 平成4年(1992)5月18日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

④発明の名称 半導体レーザ

②特 願 平2-267621

②出 願 平2(1990)10月5日

④発明者 渡辺 和昭 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーホン株式会社内

④出願人 セイコーホン株式 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

④代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 外1名

明細書

る。

【従来の技術】

セレン化亜鉛 ($ZnSe$)、硫化亜鉛 (ZnS)などのII-VI族化合物半導体、およびこれらの混晶は、広い禁制帯幅、高比抵抗、低屈折率といった他の材料系にはない特徴を有しており、これらの特徴を生かして、例えば $ZnSe$ 薄膜は $AlGaAs$ 系半導体レーザ素子の電流狭窄層及び光閉じ込め層として利用されている。第5図は岩野らにより応物学会講演予稿集(昭和62年春期、28P-ZH-8)に発表された、 $ZnSe$ 埋め込み型 $AlGaAs$ 半導体レーザの構造断面図である。上記半導体レーザは、活性層(51)の両側を活性層よりも小さな屈折率を有するクラッド層(13, 17)ではさんだダブルヘテロ接合を有しており、上側クラッド層(13)の途中までエッチングを施すことによってリブ状の光導波路が形成されている。この光導波路を $ZnSe$ 層(20)で埋め込むことにより光導波路が形成されているが、 $ZnSe$ 層は電流狭窄層としての役割を

1. 発明の名称

半導体レーザ

2. 特許請求の範囲

III-V族化合物半導体の積層構造からなるリブ状の光導波路を有し、かつ該光導波路をII-VI族化合物半導体層で埋め込んでなる半導体レーザにおいて、該半導体レーザの光導波路は少なくとも半導体基板上に積層された第1のクラッド層、第1の光導波路層、量子井戸活性層、第2の光導波路層、第2のクラッド層より形成されており、かつ第1と第2の光導波路層の材質、膜厚の内少なくとも一方が異なることを特徴とする半導体レーザ。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、III-V族化合物半導体レーザに関する

果たすと同時に、その低屈折率という特徴を生かして、リブ直下とその両側の領域との間に実効屈折率段差を生じさせ、光閉じ込め層としての役割をも果たしている。ZnSeは他の埋め込み層に用いられる材料系と比較して、高比抵抗、低屈折率という特徴を有しているおり、キャリア、及び光波を光導波路内に有効に閉じ込め、半導体レーザの低しきい值化、高効率化に大きく貢献している。

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来技術による通常のダブルヘテロ接合型半導体レーザでは、構造を最適化したとしてもレーザチップの発熱等を考慮すると、最高出力は50mW程度と見積られる。光ディスクシステムのピックアップ用光源として半導体レーザを使用する場合、今後予想される転送レートの高速化のためには50mWを超える高出力半導体レーザが必要となり、従来構造の半導体レーザでは対応できない。

そこで、本発明はこれらの問題点を解決するも

の、p型コンタクト層が順次積層されており、この内コンタクト層、及び上側クラッド層はリブ状に加工され光導波路を形成している。III-V族化合物半導体によって形成される上記光導波路は、II-VI族化合物半導体であるZnSeによって埋め込まれている。活性層はノンドープ-GaAsで、その膜厚は50Å(0.005μm)である。

次に本発明の高出力半導体レーザの製造方法を、第2図を用いて説明する。

n型GaAs基板(11)上に、n-GaAsバッファー層(12)、n-AIGaAs下側クラッド層(13)、n型-AIGaAs下側光導波路層(14)、ノンドープ-GaAs活性層(15)、p-AIGaAs上側光導波路層(16)、p-AIGaAs上側クラッド層(17)、p-GaAsコンタクト層(18)を順次エビタキシャル成長する。各層の組成及び膜厚は表1に示す通りである。成長はトリメチルガリウム((CH₃)₃Ga-TMG)等の有機金属化合物、およびアルシン(A₃H₃)等の水素化物を原料とす

ので、その目的とするところは100mW以上の高出力で連続発振することが可能な、高出力半導体レーザを再現性よく提供するところにある。

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザは、III-V族化合物半導体の積層構造からなるリブ状の光導波路を有し、かつ該光導波路をII-VI族化合物半導体層で埋め込んでなる半導体レーザにおいて、該半導体レーザの光導波路は少なくとも半導体基板上に積層された第1のクラッド層、第1の光導波路層、量子井戸活性層、第2の光導波路層、第2のクラッド層より形成されており、かつ第1と第2の光導波路層の材質、膜厚の内少なくとも一方が異なることを特徴とする。

【実施例】

本発明の高出力半導体レーザの第1の実施例を、第1図に示す。

n型GaAs基板上にn型バッファー層、n型下側クラッド層、n型下側光導波路層、量子井戸活性層、p型上側光導波路層、p型上側クラッド

る有機金属化学気相成長法(MOCVD法)によって行い、成長温度は730°Cとする。

表1

A1組成 膜厚(μm)		
コンタクト層(18)	0	1.0
上側クラッド層(17)	0.45	1.0
上側光導波路層(16)	0.35	0.3
活性層(15)	0	0.005
下側光導波路層(14)	0.30	0.15
下側クラッド層(13)	0.40	0.45
バッファー層(12)	0	1.0
基板(11)	0	-

次いで、上記コンタクト層上に二酸化ケイ素(SiO₂)等の絶縁膜(19)を蒸着する。SiO₂蒸着は常圧化学気相成長法を用いて行い、その膜厚は600~5000Åとする(第2図(a))。

)。

その後、フォトリソグラフィー工程によって絶縁膜をパターンニングし、さらに上記絶縁膜をマスクとしてリブのエッチングを行う。リブのエッチングには硫酸系エッチャントを使用し、上側の光導波路層とクラッド層の境界部までエッチングを行う(第2図(b))。

リブのエッチング後、絶縁物マスクを残したままの状態でリブをZnSeによって埋め込む。ここで行う埋め込み成長も、有機金属化学気相成長法によって行なう。原料として、ジメチル亜鉛=ジメチルセレン=アダクト(DMZn-DMSe)、及びセレン化水素を用い、その成長温度は375°Cとする。ZnSeのエピタキシャル成長を行うと、リブの側面及びリブのない部分には単結晶のZnSe(20)が、リブ上には絶縁物のマスクが存在するため多結晶ZnSe(21)が成長する(第2図(c))。

リブ上に積層した多結晶ZnSeは、反応性イオンビームエッチング(RIBE)法により除去

特性を測定したところ、ノンコート素子の場合でしきい電流値が8mA、光学損傷(COD)レベルは9S mWであった。CODレベルの向上は活性層に膜厚50Åの单一量子井戸(SQW)構造を採用したこと、および光導波路層の組成、及び膜厚を活性層の上下で非対称としたことによるものである。半導体レーザの最高出力を決定する最大の要因である端面破壊密度は、通常のダブルヘテロ接合の半導体レーザの場合、 $2 \sim 4 \text{ MW/cm}^2$ である。しかしSQW構造を導入した本発明の半導体レーザのそれは約 6 MW/cm^2 であり、ダブルヘテロ接合半導体レーザの場合と比較して2倍以上の値を示している。また、活性層の超薄膜化によって光の光導波路層へのしみだしが大きくなり、このことも半導体レーザの最高出力の向上に寄与している。

光導波路層を活性層の上下で非対称としたことによる効果は、第4図を見れば明らかである。すなわち、電界強度の分布のピークを活性層から外すことによって活性層部分の光強度を下げ、端面

する。多結晶ZnSe、単結晶ZnSe、及びSiO₂のエッティングレートは、多結晶ZnSeが1番大きく、SiO₂が1番小さい。そこで、このエッティングレートの差を利用し、リブ上の多結晶ZnSeを完全に除去し、かつリブの上面と単結晶ZnSe埋め込み層の上面とが同じ高さになる様エッティング時間を調整し、レーザチップの平坦化を図る(第2図(d))。なお、SiO₂のエッティングレートは、ZnSeのそれに比べ $1/3 \sim 1/4$ と大変小さいため、SiO₂マスクはオーバーエッティングによってリブ頭部がエッティングされてしまうといった危険性を防ぐ、エッティングストップ層としての役割も果たしている。

リブ上に積層した多結晶ZnSeの除去後、マスクの絶縁膜を除去し、基板を100μm厚まで研磨する。最後に、p側、n側それぞれの電極を蒸着すると、ZnSe埋め込み型、非対称分離閉じ込め单一量子井戸レーザ(SCH-SQW-LD)が完成する(第2図(e))。

本発明の半導体レーザの電流-光出力(I-L)

破壊レベルを向上させている。電界分布のピークは活性層から $0.12 \mu\text{m}$ 上側光導波路層に入った点になっており、活性層の電界強度はピーク位置の75%程度となっている。

ところで、活性層を半導体の単一層でなく、超薄膜層の上下を禁制帯幅の大きな半導体層ではさむ单一量子井戸構造においては、超薄膜層中の電子は離散的なエネルギーを持っている。従って、活性層を構成する超薄膜半導体層の膜厚を変えることによって、半導体レーザの発振波長を変えることができる。そこで、活性層には二元系化合物半導体であるGaAsを用い、活性層の膜厚を変化させることによって発振波長を変えることが可能となる。通常のAlGaAs系半導体レーザにおいては、活性層のAl組成を変えることによって禁制帯幅を変化させ、発振波長を変えている。ところで、二元系化合物半導体と三元系化合物半導体とを比べると、二元系化合物半導体の方が成長時のパラメーターが少ないとから、良質な膜が得られやすい。すなわち、量子井戸構造の採用

により、膜質のよい活性層を制御制良く得ることができ、このことにより最高出力の向上、長寿命化、高信頼性化が図れる。。

埋め込み層として用いたZnSeは、III-V族化合物半導体と比較して比抵抗が高く、キャリアの閉じ込めが有効に働く。また、屈折率が約2.54とGaAs等に比べて小さいため、光波の横方向の閉じ込めも有効に行われる。このキャリア、及び光波の閉じ込め効果により低しきい値化、高効率化が容易に達成できる。

また、ZnSeはSiO₂等の他の誘電体絶縁膜と比べ熱伝導性に優れている。従って、電流狭窄に使用する場合、高出力で連続駆動する必要があつても発生した熱は効率よく放熱され、チップの温度上昇に基づく効率の低下、あるいはしきい電流値の上昇等を最小限に抑えることができる。ZnSeを埋め込み層に用いる効果は、チップの発熱が大きい場合すなわち高出力駆動する場合はと有効となる。

本発明の第2の実施例を、第3図に示す。第1

場合について説明を行ってきたが、他のII-VI族化合物半導体を用いた場合でも、同様の効果を得ることができる。すなわち、VI族原料としてはセレン、硫黄、テルル等があげられ、II族原料としては亜鉛、カドミウム等が利用でき、これらを組み合わせた、2元系、3元系、4元系等の混晶においても、良好な特性を得ることができる。なお、いずれの場合でも、活性層を形成するIII-V族化合物半導体と埋め込み層とを格子マッチングさせた方がよい結果が得られるることは言うまでもない。

加えて、本発明の半導体レーザはAlGaAs系以外のレーザ材料、例えばInGaAsP系、InGaN系の材料に対しても同様に適用できる。また、実施例において各層の導電型をすべて反対にした構造(pをnに、nをpに置き換えた構造)についても同様の効果が期待できる。

【発明の効果】

本発明の半導体レーザは以下に述べるような効果を有し、II-VI族化合物半導体の持つ特徴を十分生かすと同時に、100mWクラスの高出力で

図に示した第1の実施例との違いは、光導波路構造が基板に達するまでエッティングされている点と、リブの埋め込みをGaAsと格子整合するZnSe_{0.88}S_{0.12}(31)によって行っている点の2点である。

この実施例においては、活性層と格子定数が一致するZnSSe混晶でリブを埋め込んでいるため、格子ミスマッチに基づく活性層へのストレスがかかりにくくなっている。従って、活性層に格子欠陥が生じにくくなり、この結果半導体レーザの高信頼性、高性能化が可能となる。また、埋め込み層を形成するZnSSeの側からみても、埋め込み成長中、リブ側面との界面においてストレスが生じないため、良質の埋め込み層を形成することができると同時に、リブ側面への密着性が向上し、光波、及びキャリアの閉じ込め効果がより向上する。

なお、本発明の半導体レーザの実施例の説明においては、埋め込み層としてII-VI族化合物半導体であるZnSe、あるいはZnSSeを用いた

連続発振できる半導体レーザの作製を可能とする。

(1) 量子井戸構造の導入により、端面破壊密度が通常のダブルヘテロ接合を有する半導体レーザに比べて約2倍に向上する。このことは、最高出力の向上を意味する。また、発振しきい値が低減し、スロープ効率が向上する。

(2) 光導波路層を活性層の上下で非対称構造としたため、光強度分布のピークを活性層からはずすことができる。この結果活性層の光強度が減少し最高出力の向上を図ることができる。

(3) 活性層に量子井戸構造を導入したことにより、活性層中の電子は離散的なエネルギーを持つようになる。従って、活性層の膜厚を変えることによって、半導体レーザの発振波長を変えることができる。従って、良好な膜質が得られるGaAs等を活性層として用いることできる。

なお、量子井戸構造の導入によってII-VI族化合物半導体埋め込みレーザが持つ特性は何ら損ねられることない。そればかりか、高出力時には低出力の場合よりもII-VI族化合物半導体の持つ特

性がより有効に発揮される。

(4) II-VI族化合物半導体の格子定数はGaAsのそれと近いため、格子ミスマッチに基づく活性領域に与えるストレスを最小限に抑えることができ、半導体レーザの長寿命、及び高出力時の信頼性の向上が計れる。

(5) II-VI族化合物半導体は、III-V族化合物半導体と比べて高比抵抗、低屈折率である。従って、キャリア、及び光波が有効に光導波路内に閉じ込められ、半導体レーザの低しきい値化、高効率化が容易に達成される。特に、高出力時にはわずかな漏れ電流がチップの発熱等につながるので、電流及び光を有効に閉じ込めることが必要である。

(6) また、II-VI族化合物半導体は誘電体薄膜と比べて熱伝導率が非常に大きい。このため、高出力で連続発振をした場合でも発生した熱がスムーズにチップから放熱され、チップの温度上昇に基づく効率の低下、あるいはしきい値の上昇を招くことが少なくなる。

1 9 … SiO₂ マスク

2 0 … 単結晶ZnSe

2 1 … 多結晶ZnSe

2 2 … p型オーミック電極

2 3 … n型オーミック電極

3 1 … 単結晶ZnSSe

5 1 … 活性層

以上

出願人セイコーエプソン株式会社

代理人弁理士鈴木喜三郎(他1名)

4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の第1の実施例を示す半導体レーザの構造断面図。

第2図(a)～(e)は、本発明の第1の実施例の半導体レーザの製造工程を説明する工程断面図。

第3図は、本発明の第2の実施例を示す半導体レーザの構造断面図。

第4図は、本発明の半導体レーザの積層方向の電界分布を説明する図。

第5図は、従来例を示す半導体レーザの構造断面図。

1 1 … n型GaAs基板

1 2 … n型GaAsバッファー層

1 3 … n型AlGaAsクラッド層

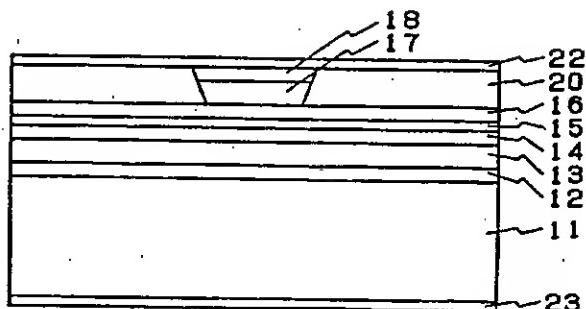
1 4 … n型AlGaAs光導波路層

1 5 … 量子井戸活性層

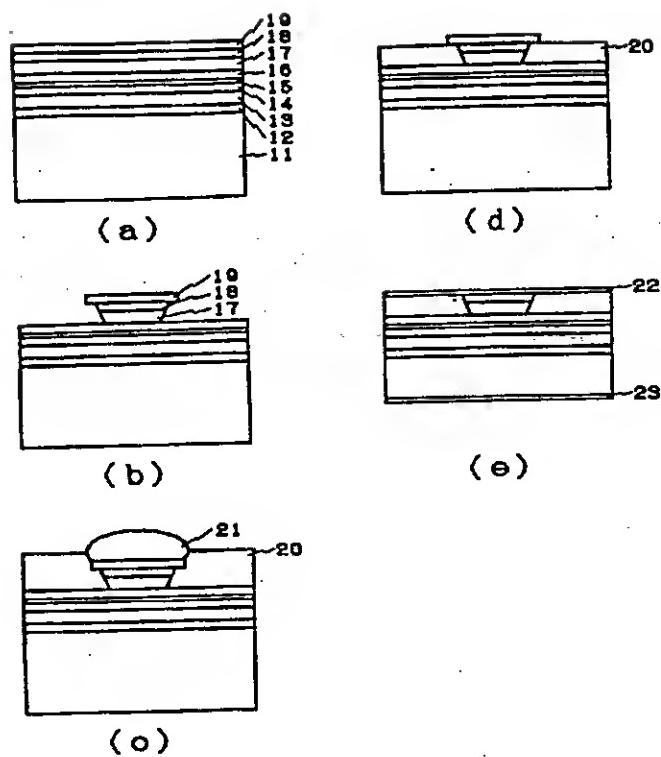
1 6 … p型AlGaAs光導波路層

1 7 … p型AlGaAsクラッド層

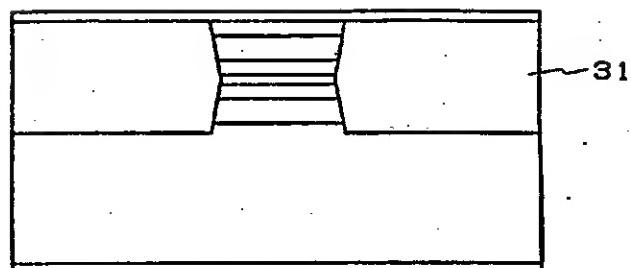
1 8 … p型GaAsコンタクト層



第1図

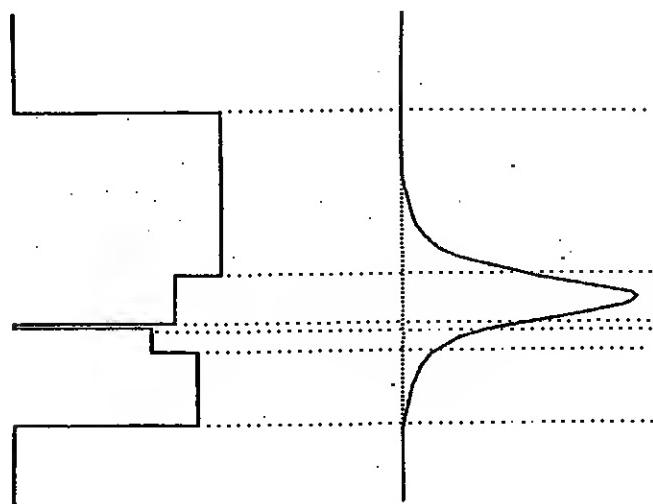


第 2 図



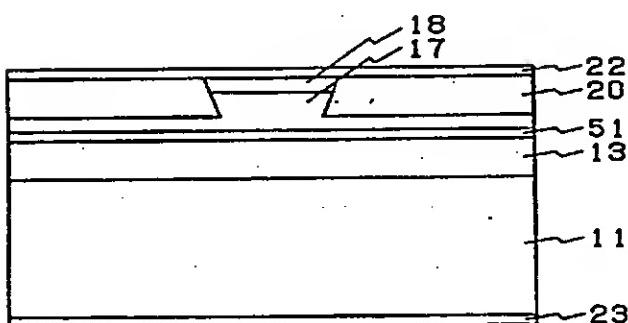
第 3 図

0.0 0.5



A1組成

電界分布



第 5 図

第 4 図